==

UNIVERSITE MOHAMMED V – Agdal

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE

RABAT



TRAVAUX PRATIQUES DE GEOLOGIE

SERIE : **CARTOGRAPHIE**

NIVEAU DE PREMIERE ANNEE (Semestre S1) DE LICENCE SVI-STU

CARTES ET COUPES TOPOGRAPHIQUES

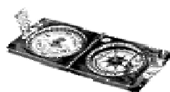
Notions de base

Année universitaire : 2009/ 2010



http://www.fsr.ac.ma/cours/geologie/belhadad/TP_Carto2nb.pdf

Pr. Fahim BELHADAD



PRESENTATION

Ce manuel constitue un support utile à l'enseignement de la cartographie assuré par le département des sciences de la Terre. Il est destiné aux étudiants débutants dans cette discipline (S1 de la licence STU-SVI) ; il servira d'aide-mémoire et pourra être complété par des notes personnelles et des exercices qui seront effectués en salle de travaux pratiques.

La cartographie englobe un ensemble de techniques conduisant à l'établissement et à l'étude des cartes. La carte géologique -qui utilise comme support la carte topographique- est un outil indispensable pour l'étude du sol (pédologie, géographie, écologie, etc…) et du sous-sol (recherche pétrolière, minière, hydraulique, etc…), elle sera étudiée en S3.

La lecture correcte d'une carte topographique est une nécessité pour ceux (géologues, pédologues et biologistes entre autres) qui vont faire des sciences de la nature leur profession. Elles sont aussi utiles dans les activités de loisirs telles les randonnées en montagne, la navigation en 4x4, etc…. Couplées avec le GPS et une bonne boussole vous ne « perdrez jamais le Nord ».

Le choix du type de carte dépend du but recherché. Ainsi, donc, nous allons étudier, dans un premier temps (niveau S1), les cartes topographiques qui permettent de décrire avec précision les différents éléments du relief, et, dans un deuxième temps (S3), nous aborderons alors l'étude des cartes géologiques qui nous permettront de comprendre la structure du sous-sol.



LA CARTE TOPOGRAPHIQUE

I – Définition

On appelle carte topographique la représentation, sur un plan, d'une partie de la surface de la terre avec ses formes et son modelé.

La terre ayant la forme générale d'un géoïde (sphère aplatie aux pôles), voisine de celle d'un ellipsoïde, la transformation d'une portion de la surface courbe de la terre en en une surface plane qui est la carte implique une certaine déformation avec étirement. Pour le passage de la surface courbe de l'ellipsoïde à une surface plane, différents systèmes de projection ont été utilisés : projection de Bonne et projection Lambert. Nous supposons dans ce qui va suivre que sur les étendues relativement faibles des cartes une surface horizontale est assimilable à un plan.

II – Etablissement des cartes topographiques

La mise au point d'une carte nécessite deux opérations importantes : le nivellement et la planimétrie.

A – Le nivellement

Permet de représenter le relief du terrain, mais cette représentation pose des problèmes : on ne peut indiquer l'attitude de chaque point de la carte aussi on a imaginé différents modes de représentation du relief :
- système des courbes de niveau
- système des hachures (abandonné car trop imprécis)

1 – Cartes en courbes de niveau

On appelle courbe de niveau le lieu des points de la surface topographiques ayant même altitude, c'est-à-dire l'intersection de la surface topographique avec un plan horizontal.

a – Principe de l'établissement des courbes de niveau (Fig. 1)

Considérons une série de plans horizontaux (H2, H2 et H3) parallèles, équidistants qui coupent idéalement une surface topographiques (une butte par exemple). Les intersections de la colline avec ces plans sont reportés sur le plan P. Ces projections se nomment, courbes de niveau.

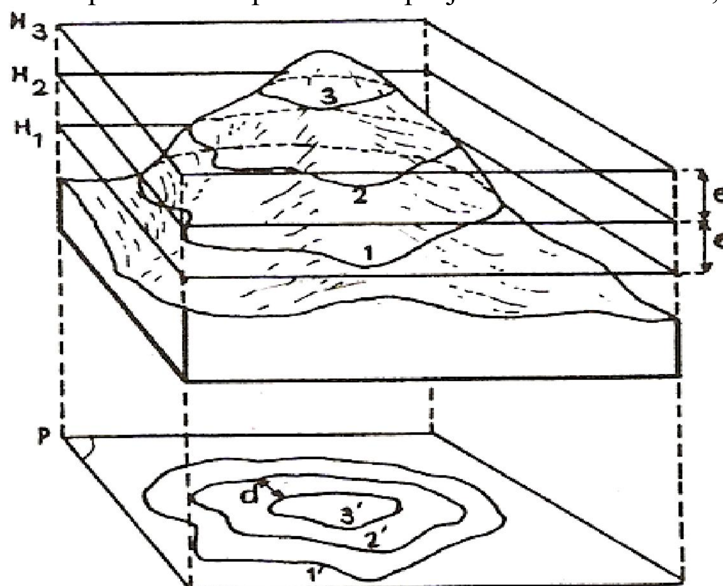


Fig. 1 : Principe d'établissement des courbes de niveaux

La topographie de la surface terrestre est restituée par l'intermédiaire de ***courbes de niveau****. Une courbe de niveau correspond à l'intersection de la surface topographique avec un plan horizontal d'altitude donné. Elle joint donc un ensemble de points de même altitude. La différence d'altitude entre les plans horizontaux est appelé* ***équidistance*** *des courbes de niveau.*

b – Echelle

Cette projection ne peut être utilisée que par réduction : celle-ci est exprimée par un nombre fractionnaire qu'on appelle échelle.

Définition. L'échelle est le rapport de la longueur entre deux points sur la carte et la longueur couplée horizontalement entre les deux points correspondants sur le terrain.

$$E = Lc / Lt$$

Les unités employées doivent être les mêmes au numérateur et au dénominateur.

Une échelle au $\frac{1}{50.000}$ signifie que 1 cm sur la carte représente 50.000 cm ou 500 m sur le terrain.

Les échelles les plus courantes sont : le 1/25.000, 1/50.000, 1/100.000 et au-delà. L'échelle est d'autant plus grande que le dénominateur est plus petit.

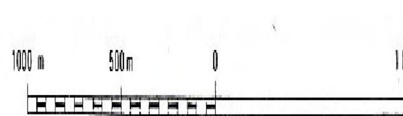
Exemple : si deux points sont distants de 5km sur le terrain et de 10cm sur la carte, l'échelle de celle-ci est :

$$E = \frac{10cm}{5km} = \frac{10cm}{500.000\ cm} = 1/50.000$$

La carte est dite au 50.000 ème ou à l'échelle 1/50.000

Sur un document cartographique l'échelle est indiquée sous une forme :

- graphique : droite subdivisée en segments :



- numérique : en forme de rapport numérique : 1/50 000

c – Altitude des courbes de niveau

L'altitude des courbes est souvent indiquée le long de leur tracé. En principe le bas des chiffres indiquant cette altitude est dirigé vers le bas de la pente



d – Equidistance et écartement (Fig. 1)

C'est la distance qui sépare deux plans horizontaux successifs : sur la carte elle correspond à la différence d'altitude entre deux courbes de niveau consécutives. Il ne faut pas confondre l'équidistance avec l'écartement des courbes en projection sur la carte (d).

- l'équidistance est constante
- l'écartement est variable, il dépend du relief ;

L'équidistance est indiquée dans la légende, en bas de la carte. Dans les zones plates à faible relief elle est de 5 à 10m ; pour les zones montagneuses, elle peut atteindre 20m, sinon une densité trop grande des courbes de niveau rendrait la carte illisible.

Si l'équidistance n'est pas indiquée, elle peut se calculer en comptant sur une pente toujours montante ou descendante, le nombre d'intervalles séparant deux courbes d'altitude connue est égale

à la différence d'altitude entre ces deux courbes divisée par le nombre d'intervalles donnera l'équidistance.

2 – Propriétés des courbes de niveau

a – Différentes sortes de courbes de niveau (Fig. 2)

- Courbes maîtresses : Elles sont dessinées en traits plus accentués qui indiquent toutes les courbes de rang 5 c'est-à-dire tous les 50 ou 100m, le plus souvent l'altitude est indiquée sur les courbes maîtresses ; noter que entre deux courbes maitresses il y a toujours 4 courbes normales.
- Courbes normales : Elles sont dessinées en traits fins, elles s'intercalent entre les courbes maîtresses.
- Courbes intercalaires : Elles sont dessinées en général en tirette. Lorsque la surface topographique est plate, les courbes de niveau sont espacées, pour amener plus de précision on est conduit à ajouter une courbe dite intercalaire dont l'altitude diffère d'une demi-équidistance de celle des deux courbes qui l'encadrent.

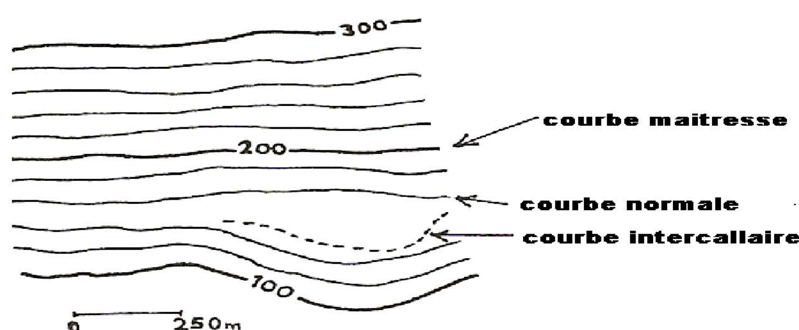


Fig. 2 : Différents types de courbes de niveau

b – la densité des courbes de niveau

Rend compte du relief : les pentes fortes sont caractérisées par des courbes nombreuses et serrées ; à des courbes espacées et peu nombreuses correspond une région plate ou à faible pente (Fig.2).

c – Les points côtés

A côté des courbes de niveau, il existe un certain nombre de points remarquables où l'altitude exacte est donnée, permettant de trouver facilement la valeur des courbes de niveau proches.

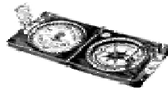


Exemple : soit une carte où l'équidistance des courbes est de 10m, supposons qu'au sommet d'une butte il y ait un point côté 374m, la 1[ère] courbe entourant ce sommet et donc de valeur inférieure sera la courbe 370 car elle sera un multiple de 10.

B – Planimétrie

C'est la représentation des divers éléments de la surface terrestre sur la carte topographique par des figurés caractéristiques conventionnée dont la signification est indiquée dans la légende de la carte (qu'il ne faut pas hésiter à consulter).
On adopte en générale les conventions suivantes :

- le bleu est pour l'hydrographie
- le noir est attribué à tout ce qui résulte de l'activité humaine, ainsi qu'à la toponymie (noms des lieux)
- le vert à la végétation
- le bistre (teinte voisine du marron) pour l'orographie (courbes de niveau).



LE PROFIL TOPOGRAPHIQUE

I – DEFINITION

Un profil topographique est une section par un plan vertical de la surface topographique, ce profil qui sera représenté à une certaine échelle, doit rendre compte des formes du relief.

II – PRINCIPE DE L'EXECUTION D'UN PROFIL TOPOGRAPHIQUE

Les étapes à suivre :

- On trace un trait AB (Fig.3) sur une carte à l'échelle E (donnée)

- Ensuite sur un rectangle de papier millimétré on trace 2 axes perpendiculaires, celui des abscisses correspondra à l'échelle des longueurs, celui des ordonnées à l'échelle des hauteurs (altitude).

- Choisir l'origine de l'axe des hauteurs en fonction de l'altitude la plus basse.

- Faire coïncider le bord supérieur du papier millimétré contre le trait de coupe AB. Marquer sur ce papier les points A'B' homologues de A et B, ensuite noter les altitudes de ces points et celles des points d'intersection des courbes de niveau avec le trait AB ; ceux-ci étant destinés à disparaître, les inscrire légèrement.

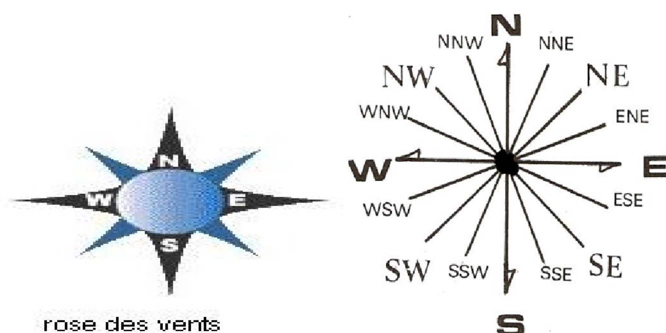
- Ces points sont abaissés (projetés) à leur altitude correspondante lue sur l'axe des hauteurs précédemment dessiné.

- Ces points ainsi abaissés seront reliés entre eux, non pas des segments de droite, mais par des courbes rendant compte au mieux de la topographie, les versants avec leur concavité et leur convexité au bon endroit, indiquer les sommets ou les vallées avec leur forme.

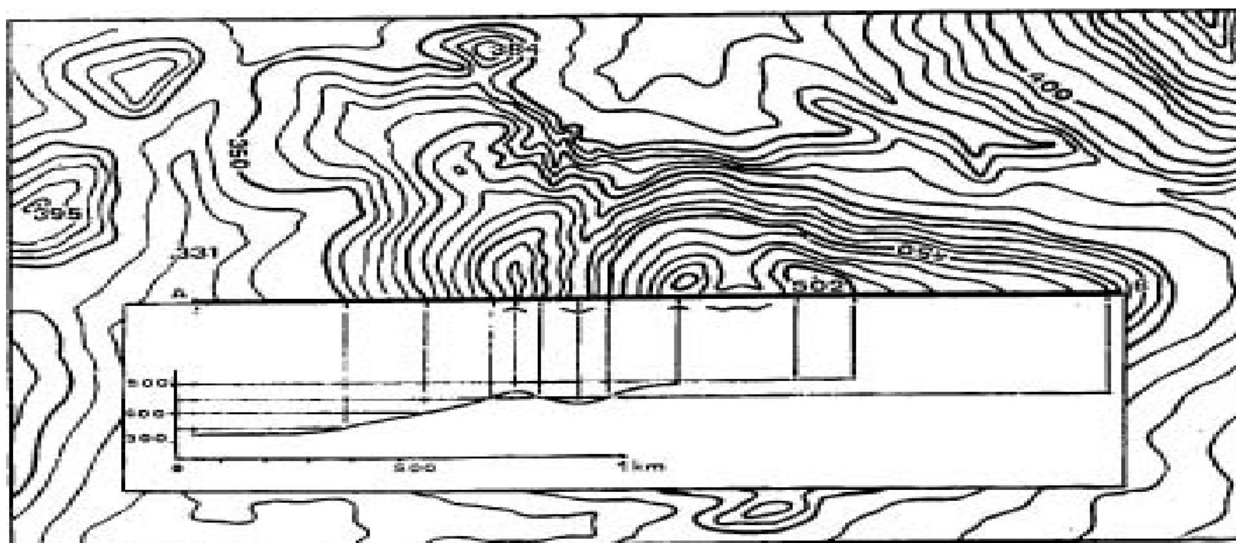
- On effacera alors les inscriptions ayant servi à la construction de la coupe.

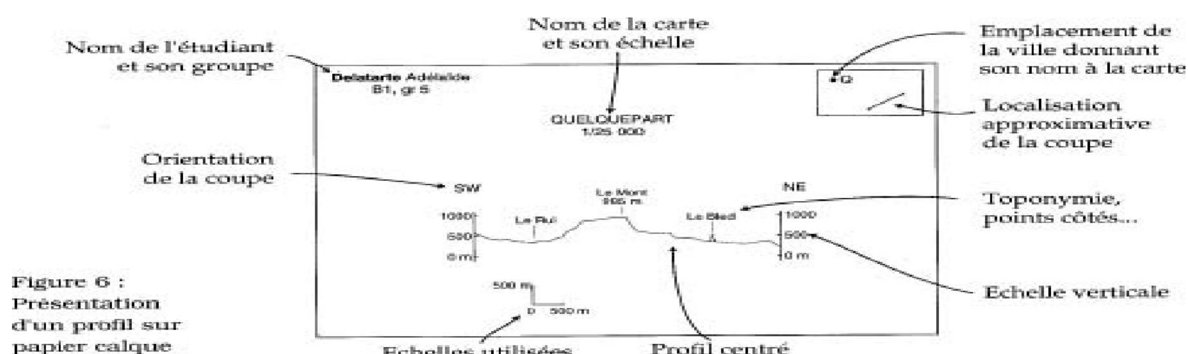
- terminer la coupe en notant au dessus du profil la toponymie et l'orientation.

- Orientation du profil : pour l'orientation du profil se reporter à la 'rose'; il faut la dessiner sur un papier transparent, cette rose doit être placée au centre de la coupe de façon que la direction NS soit parallèle au méridien le plus proche du trait de coupe(Nord de la carte).



- Un exemple de profil topographique achevé (on parle d'habillage) est donné plus bas. On s'apercevra à l'usage, que ces opérations sont en réalité simples et rapides.





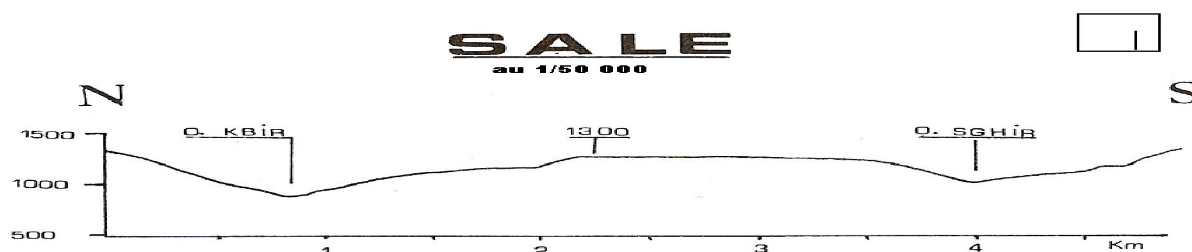


Fig. 3 : Réalisation du profil topographique

III – LES FORMES DU RELIEF EN COURBES DE NIVEAU

1 – Formes des versants

Un versant est la zone reliant une ligne de faite à une ligne de thalweg, il peut être décomposé en un certain nombre d'éléments.

a – Pente constante (Fig. 4)

Lorsque les courbes de niveau sont régulièrement espacées

- plus la pente est forte, plus les courbes de niveau sont rapprochées
- plus la pente est faible, plus les courbes de niveau sont écartées.

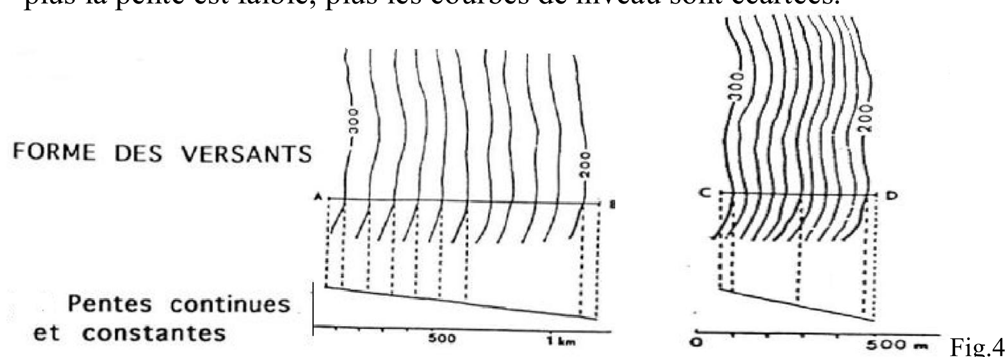
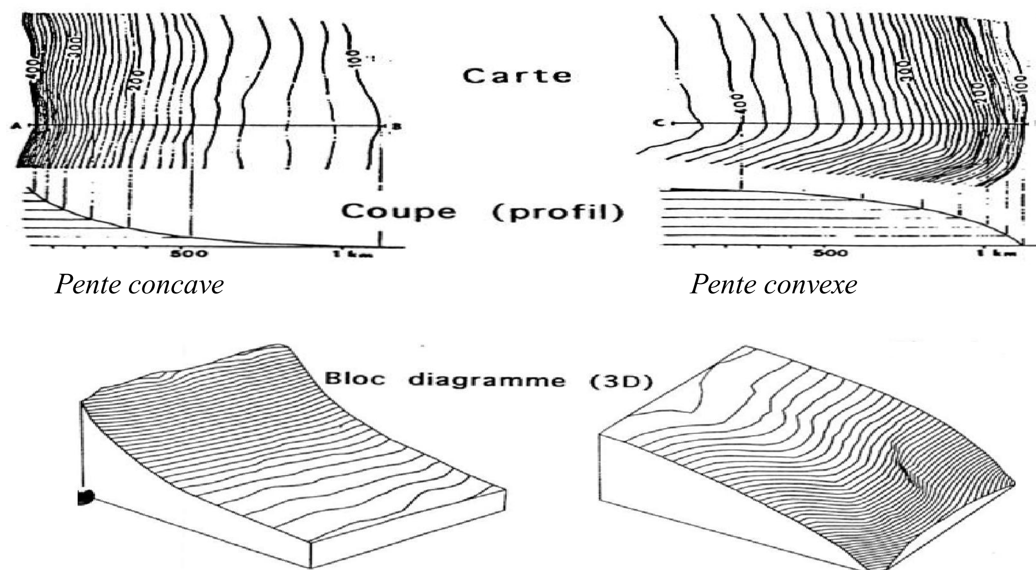


Fig.4

b – Pente régulièrement variable (Fig. 5)

Une pente concave vers le haut est caractérisée par des courbes de niveau de plus en plus écartées en allant vers le bas.

Une pente convexe vers le haut est caractérisée par des courbes de niveau de plus en serrées en allant vers le bas



Pente concave *Pente convexe*

Fig. 5 : Pentes continues mais variables

c – Pentes à variation brusques : Rupture de pente, abrupts et falaises (Fig. 6 et 7)

L'écartement des courbes de niveau change brusquement.

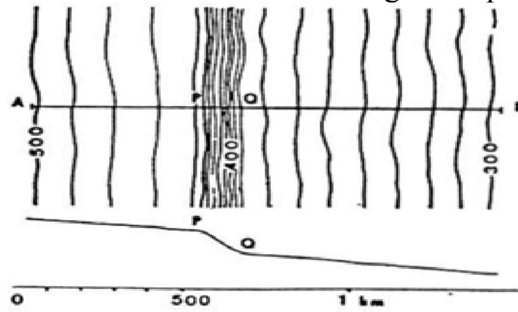


Fig.6 : PO rupture de pente

Les falaises : Lorsque la pente topographique est très forte, la densité des courbes est si grande qu'elles se touchent. Elles arrivent à se confondre et deviennent illisibles. Pour remédier à cet inconvénient on utilise un figuré spécial qui évoque une falaise rocheuse.

– la hauteur de l'abrupt = l'altitude de son sommet – l'altitude de sa base

H = S - B

– Il n'y a pas de continuité des courbes de niveau de part et d'autres de la falaise

– Il est très important d'orienter convenablement les falaises c'est-à-dire de dessiner l'abrupt du bon côté. Pour cela il faut déterminer parfaitement le sommet et la base de la falaise.

– détermination du sommet
  - lorsqu'il y a des points côtés, ils sont généralement placés sur la crête,
  - le sommet correspond le plus souvent à un replat et les courbes de niveau y sont donc rares et largement espacées.

– Détermination de la base

La pente qui se trouve au pied de falaise est en général forte et concave vers le haut. Elle est souvent creusée de nombreux ravins.
Le pied est moins marqué que le sommet à cause de l'accumulation d'éboulis.

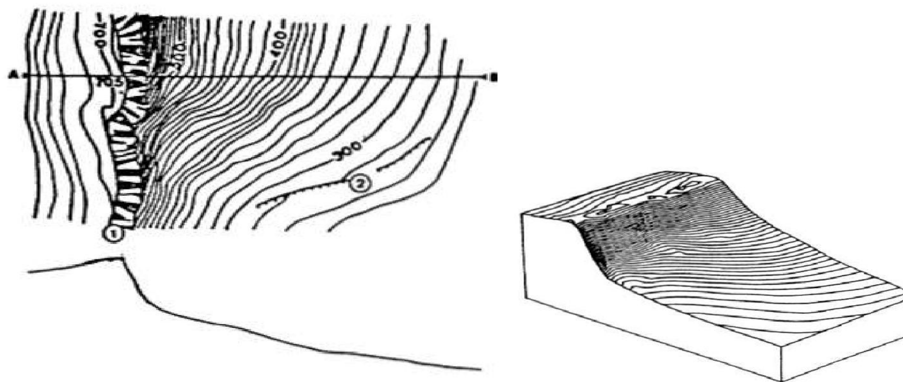


Fig. 7 : Abrupts (2) et falaises (3)

d – Sommet (Fig. 8)

Les courbes de niveau sont concentriques, le point central a une altitude supérieure à celle des courbes qui l'entourent.

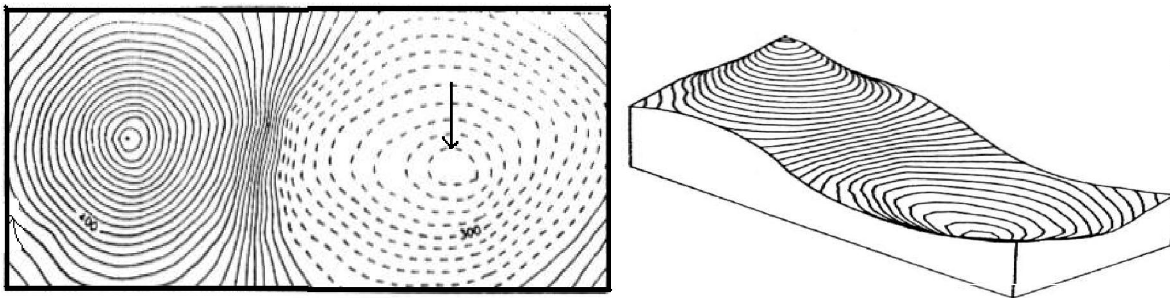


Fig. 8 : SOMMETS et CUVETTES : bloc-diagramme et carte

e – Cuvettes (Fig. 8)

Les courbes de niveau sont aussi concentriques, l'altitude du point central est inférieure à celle des courbes de niveau qui l'entourent, parfois une flèche indique le centre de la dépression (occupée parfois par un lac).

2 – Formes des vallées (Fig. 9)

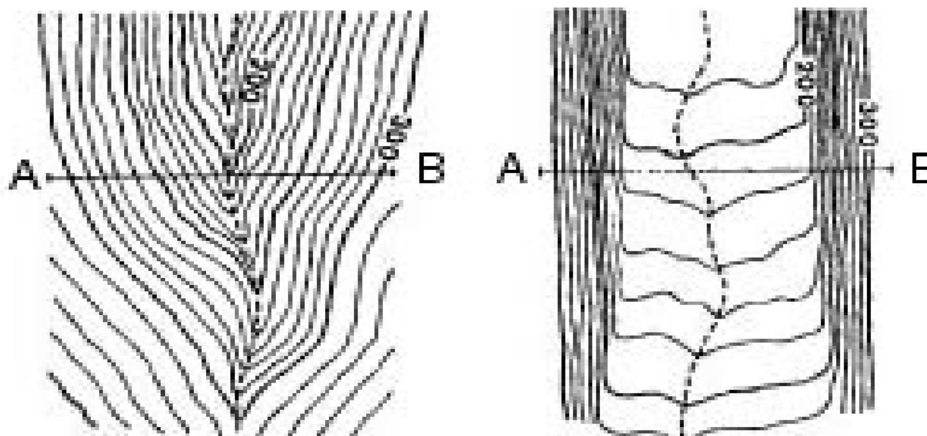
La ligne de thalweg : C'est la ligne joignant les points les plus bas d'une vallée : celle-ci est caractérisée par une forme en V des courbes de niveau, la pointe du V plus ou moins aiguë ou émoussée indique l'amont de la vallée, la courbe enveloppante est à une élevée que la courbe enveloppée.

a – Vallée en V

Les courbes de niveau présentent un rebroussement anguleux à la traversée du thalweg

b – Vallée à fond plat ou en U

Le dessin des courbes de niveau rappelle la forme de la vallée, serrées sur les versants, elles sont écartées dans la partie plate.



Vallées en V ***vallées en U***

Fig.9 : Formes des vallées

4 – Conclusion

Le dessin cartographique des courbes de niveau nous renseigne sur les différentes formes du relief, donc avant la réalisation d'un profil il ne faut pas hésiter à observer votre carte le long du trait de coupe afin de reconnaître l'allure du profil.

Références bibliographiques disponibles à la bibliothèque

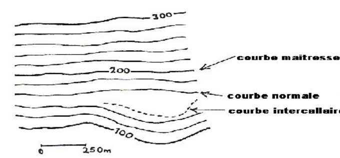
A. Foucault et J. –F. Raoult : Coupes et cartes géologiques, édition Doin 1975.
M. Archambault, R. Lhénaff et J. R. Vanney : Documents et méthode pour le commentaire de cartes (géographie et géologie), Masson, Paris, 1974.
Sorel D., Vergély P. Initiation aux cartes et aux coupes géologiques. Collection Sciences Sup.Série Atlas DUNOD Paris,1999.

GLOSSAIRE

Azimut : angle, mesuré dans le sens horaire, entre un demi-plan vertical, contenant le méridien géographique et pris comme référence, et un autre demi-plan, vertical lui aussi, passant par l'objet dont on cherche l'azimut. Ces demi-plans sont issus d'un même point, celui où s'effectue la mesure. La valeur d'un azimut est comprise entre 0° et 360°.

Cap : direction de progression d'un marcheur, d'un navire, d'un avion (synonyme d'azimut).

Courbe de niveau: Lieu des points d'une surface ayant même altitude.



Déclinaison (magnétique) : angle, mesuré dans un plan horizontal, que font entre eux, en un lieu donné, le Nord géographique et le Nord magnétique.

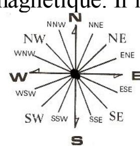
Equidistance (courbe de niveau) : différence d'altitude entre deux courbes de niveau successives. C'est la distance verticale qui sépare régulièrement les plans horizontaux dont l'intersection avec la surface topographique correspond aux courbes de niveaux.

Echelle (cartographie): Rapport des dimensions de la représentation graphique d'un objet aux dimensions réelles de cet objet.

Nord (géographique) : trace de l'axe de rotation du globe terrestre à la surface de la planète. C'est le lieu de convergence des méridiens terrestres.

Nord (magnétique) : lieu de convergence des lignes de force du champ magnétique terrestre. L'inclinaison d'une aiguille aimantée, suspendue librement, y est verticale. Ces lignes de force convergent actuellement vers le sol dans l'hémisphère géographique boréal et divergent du sol au niveau de l'hémisphère géographique austral.

Rose (des vents) : étoile à trente-deux divisions donnant l'organisation des points cardinaux et collatéraux. Elle permet de comparer toutes les directions à la direction du Nord magnétique. Il lui est associé un cercle gradué en degrés qui permet de définir le cap ou l'azimut.

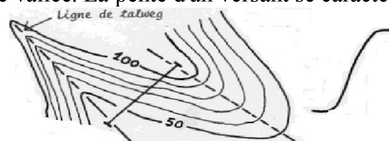


Talweg (thalweg) : ligne du fond d'une vallée. Elle est matérialisée, quand il en existe un, par le cours d'eau qui l'emprunte. Ensemble de tous les points les plus bas de chaque section transversale d'une vallée (contraire : ligne de crête, interfluve).

LE VOCABULAIRE TOPOGRAPHIQUE/

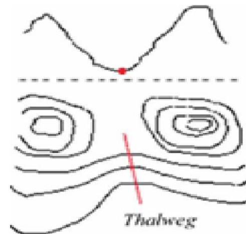
Les formes élémentaires

Versant : surface inclinée dominant le talweg d'une vallée. La pente d'un versant se caractérise par sa valeur (° ou %) et sa forme (concave, convexe, rectiligne, convexo-concave).

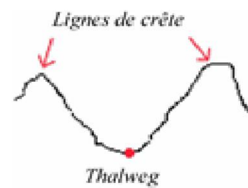


==

Vallée : sillon incliné résultant du recoupement de deux versants le long d'une ligne de points bas. Cette ligne s'appelle le *talweg*. Lorsque fond de vallée et talweg sont confondus on parle de vallée en V. Une vallée se caractérise par son ampleur (largeur, profondeur, longueur), son tracé (rectiligne ou sinueux), la forme et la pente de ses versants, la présence ou l'absence de drainage (vallée sèche).

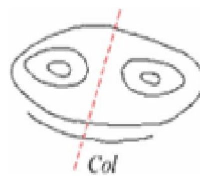


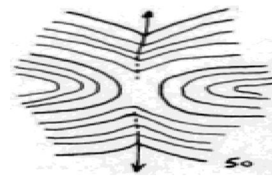
Interfluve : relief compris entre deux vallées. Relief résultant du recoupement de deux versants le long d'une ligne de points hauts, la *ligne de faîte* (ensemble des points hauts d'un interfluve). On parle de *croupe* lorsque l'interfluve a une forme convexe vers le ciel et de *crête* lorsque le recoupement des deux versants est plus ou moins aigu.



Il y a toujours 1 thalweg entre 2 lignes de crête

Le col : Constitué par l'abaissement d'une ligne de crête à sa rencontre avec 2 thalwegs de directions opposées.





Talus : dénivellation entre deux éléments plans. Un talus se définit par son *tracé* (rectiligne, sinueux, festonné ((éperons / indentations))) ; son *profil* (concave, rectiligne, convexe) ; son *commandement* (différence d'altitude entre le sommet et la base du talus).

Corniche : pente très raide située à la partie supérieure du talus.

Colline : relief de faible énergie, plus ou moins circulaire, à sommet arrondi et à versants en pente douce.

Butte : relief de faible énergie à sommet plat et versants raides dans la partie supérieure.

Dépression : surface où les rivières ne s'encaissent pas dominée par des reliefs plus élevés.

Cuvette : dépression fermée vers le fond de laquelle convergent l'ensemble des pentes.

Rupture de pente : changement brutal de la valeur de la pente d'un versant sans changement de sens.

Replat : espace limité par deux ruptures de pente au sein d'un versant.

Plaine : surface plane ou légèrement ondulée au sein de laquelle le réseau hydrographique n'est pas encaissé. Les dénivellations sont faibles et les pentes infimes.

Plateau : surface plane ou légèrement ondulée au sein de laquelle le réseau hydrographique est encaissé. On le caractérise par son altitude, son inclinaison, l'encaissement des rivières, la forme des vallées, l'intensité de la dissection hydrographique.